

CLIPPEDIMAGE= JP411340576A

PAT-NO: JP411340576A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11340576 A

TITLE: GALLIUM NITRIDE BASED SEMICONDUCTOR DEVICE

PUBN-DATE: December 10, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MOTOKI, KENSAKU

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10147049

APPL-DATE: May 28, 1998

INT-CL (IPC): H01S003/18;H01L021/205 ;H01L021/301  
;H01L033/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To naturally scribe GaN light-emitting chip (LD, LED) along the cleavage plane of a substrate and use the cleavage plane of the LD as a resonator plane.

SOLUTION: GaN self-supported single crystal is used for a substrate. When a light-emitting GaN-based crystal is laminated on the GaN substrate, a thin film crystal is grown, having the same orientation as the substrate. A light-emitting device chip can be separated by cleaving the substrate at its [1-100] face. When LED is used, the chip shape are a triangle, a parallelogram, a rhombus, and a hexagon. When LD is used with a parallelogram or rectangle chip cleavage plane becomes a resonator.

COPYRIGHT: (C) 1999, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-340576

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

21/301

33/00

C

33/00

21/78

U

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

(21)出願番号

特願平10-147049

(22)出願日

平成10年(1998)5月28日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 元木 健作

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号住友電

気工業株式会社伊丹製作所内

(74)代理人 弁理士 川瀬 茂樹

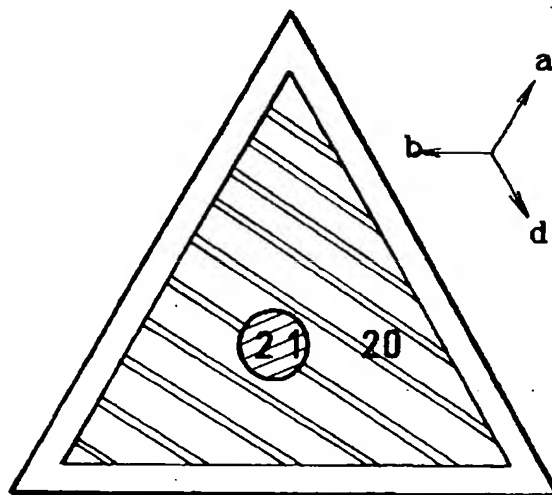
(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系半導体デバイス

(57)【要約】

【目的】 GaN発光素子チップ(LD、LED)を基板の劈開面に沿って自然にスクライプすることができるようにすること。LDの場合は劈開面を共振器面とすること。

【構成】 基板としてGaN自立単結晶を用いる。GaN基板に発光素子のGaN系結晶を積層すると基板と同方位の薄膜結晶が成長する。基板を{1-100}面で劈開することによって発光素子チップ分離することができる。LEDの場合は、三角形、平行四辺形、菱形、六角形チップとなる。LDの場合は劈開面が共振器となる平行四辺形あるいは矩形チップとなる。

正 三 角 形 チ ッ プ



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (0001) 面窒化ガリウム単結晶基板と、窒化ガリウム単結晶基板の表面に積層されたGa<sub>N</sub>系半導体エピタキシャル薄膜と、単結晶基板に付けた電極と、エピタキシャル薄膜に付けた電極とを含み、側面の少なくとも2面は劈開面であることを特徴とする窒化ガリウム系半導体デバイス。

【請求項2】 発光ダイオードであって側面の全てが劈開面であり正三角形、菱形、平行四辺形、台形、六角形のいずれかであることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系半導体デバイス。

【請求項3】 レーザダイオードであってストライプに直交する端面が劈開面であり、側面はこれと120°をなす劈開面であることを特徴とする窒化ガリウム系半導体デバイス。

【請求項4】 レーザダイオードであってストライプに直交する端面が劈開面であり、側面はこれと90°をなす非劈開面であることを特徴とする窒化ガリウム系半導体デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は窒化ガリウム(GaN)単結晶基板を用いた発光ダイオードや半導体レーザなどの発光デバイスに関する。GaN系素子は青色発光素子としてすでに実用化されている。大型のGaN基板が存在しないから現在は他の材料を基板としてその上にGaNをヘテロエピタキシャル成長させている。GaN「系」というのは発光素子とする場合、InGa<sub>N</sub>、AlGa<sub>N</sub>などの混晶もエピタキシャル成長させるのでこれらを纏めてGaN系と表現したものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、窒化物系半導体を用いた発光デバイスはほとんどが基板としてサファイヤを用いている。サファイヤ基板の上にGaN薄膜をエピタキシャル成長させてLD、LEDなどを作製している。サファイヤは堅牢であって高温に耐えるので高温でのエピタキシャル成長に向いている。格子不整合は16%あるもののAl<sub>N</sub>バッファ及び低温GaNバッファ技術の進展により、GaN単結晶成長が可能となった。薄いGaN結晶を成長させるだけであるから、サファイヤ基板が付いたまま発光素子に加工する。発光ダイオードやレーザダイオードといっても基礎部分はサファイヤである。サファイヤの上に極薄くGaNの発光部分が載っているだけである。サファイヤ/GaNの複合体素子であるから大きく二つの欠点がある。

【0003】一つは結晶欠陥が多いということである。16%の格子不整合を有する異質の結晶の上にヘテロエピタキシャル成長するのであるから欠陥密度がどうしても高くなる。市販されているGaN発光ダイオードの場合10<sup>9</sup> cm<sup>-2</sup>もの高密度の転位がある。しかしそれ

でも発光ダイオード(LED)、レーザ(LD)は光る。LEDの寿命は1万時間と言われる。このような高密度の転位を内包しつつなお発光し長寿命だというのは半導体の常識に反する。しかしそれが現実である。さりながらレーザダイオードの場合は、電流密度が高いから、高密度欠陥が寿命を抑えていると推測される。より欠陥の少ないレーザダイオードができればより高効率、長寿命である。

【0004】サファイヤ基板の難点はもうひとつある。劈開しないということである。Si基板でもGaAs基板でも互いに90°をなす方向に自然劈開面をもっているから、ウエハを直交する平行線群によって自然劈開することによって簡単にチップに分離する事ができる。劈開面は平坦で鏡面である。劈開にそって分割するからダイシングが簡単になる。

【0005】サファイヤには劈開面がないので、ウエハプロセスによって素子を作ったあと、回転刃によって強制的に縦横に切断している。ところが硬い材料であるから一筋一筋切断するのは時間が掛かる。また切断面は平坦でない。この欠点を切断の困難とよぶ。

【0006】切断の困難の他に、レーザダイオードの場合は共振器作製の困難がある。サファイヤの上にGaNを載せたものは劈開できないから、刃物で強制的に切るのであるが研磨してもなお自然劈開面とちがって平坦でなく鏡面でなく反射率も低い。やはり自然劈開面をレーザの共振器面としたいものである。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明が解決しようとする問題は、サファイヤ基板に劈開性がないこと、サファイヤ基板上のGaNには高密度に転位がある、ということである。無劈開、高密度転位という二つの難点はサファイヤを基板として使っている限り永遠につきまとう。サファイヤから離れるべきである。

【0008】基板としてSiCを使おうという提案もなされている。これは劈開性があるし堅牢である。耐熱性もある。しかしSiCは高価であり、供給の問題がある。SiCを基板とすると一層コスト高になろう。実験段階でSiC基板が試みられることがあるが量産には使えない。

【0009】それに異種基板は劈開性があるといってもそれは基板結晶の劈開性にすぎない。その上に載っているGaNと劈開が一致するとは限らない。切断はたしかに楽になろうがレーザの共振器としての適格性はない。

【0010】やはりGaN発光素子の基板はGaN単結晶が最も良い。GaNには劈開性があるし、GaNの上へのホモエピタキシャルなら転位密度もより少なくなるはずである。GaN基板上に作ったGaNレーザダイオードはより高効率長寿命であろう。

【0011】なるほど理想的にはGaN基板を使うべきである。しかしながら基板として使用できる程度の大き

いGa<sub>2</sub>N単結晶をつくることができなかった。大型結晶を作るに適した結晶成長法はチョコラルスキー法、ブリッジマン法などである。いずれも融液から出発する。融液に種結晶をつけ固体部分を次第に広げて大型の単結晶を生成する。ところがGa<sub>2</sub>Nは加熱しても融液にならない。融液ができないから液相から固相を得る結晶成長法を用いる事ができない。Gaを溶媒としてGa<sub>2</sub>Nを少量溶かし込んで、Ga-Ga<sub>2</sub>N溶液を得ることができるが、数万気圧もの超高压装置が必要となり大がかりになる。また超高压にできる空間は極狭いので大きい結晶はできない。だから液相から固相を得る結晶成長方法で基板にできる程度の大きい結晶を作製するのは不可能である。Ga<sub>2</sub>Nの固体を加熱すると直接に気体になるから昇華法が可能である。しかし昇華法では方位形状ともに整った大型の単結晶をつくることはできない。つまり通常の単結晶成長方法はすべてGa<sub>2</sub>Nには適用できない。

【0012】そこで本発明者は薄膜成長法を基板結晶製造に転用することを思いついた。GaAs基板の上に気相成長法によって広いGa<sub>2</sub>N薄膜をヘテロエピタキシャル成長させる。Ga<sub>2</sub>N厚みを増やしてゆき、かなりの厚みのGa<sub>2</sub>Nを得る。これは特別なマスクをGaAs基板の上に作りマスクの開口部（窓）からGa<sub>2</sub>Nを別々に成長させマスクを越えて成長させて合一させ単結晶をつくるというものである。マスクのために独立の核が孤立して発生し面積に広いGa<sub>2</sub>Nの単結晶を生成できる。これをラテラル成長と呼んでいる。このマスクの窓の形状は色々なものが可能である。ストライプ形の窓形状を繰り返したもののや、ドット形の窓形状を繰り返したものなどが可能である。ここでは特にドット形の場合について詳述する。

【0013】この手法は本出願人の、特願平9-298300号、特願平10-9008号に明らかにされている。Ga<sub>2</sub>Nのラテラル成長についてまず説明する。これは実施例の項においても繰り返して述べられる。GaAs(111)A面を基板とする。これは3回対称性のある面である。(111)A面というのはGa原子が表面に並んでいる面である。Asが並ぶ面は(111)B面という。SiO<sub>2</sub>などのマスクを付ける。これはGa<sub>2</sub>Nが成長を開始しないような成長抑制作用がある材料とする。[11-2]の方向にならぶ窓群をマスクに設ける。窓はその方向に1辺をもつ正三角形の頂点の位置に設ける。

【0014】図1はマスクと窓の配置を示す。一定ピッチdで窓群が[11-2]方向に並んでいる。隣接窓群との[-110]方向の距離は $3^{1/2}d/2$ である。最近接窓は6つあるが全て距離はdである。窓自体の形状寸法は任意である。配列が重要である。マスクにはGa<sub>2</sub>N核が発生しない。GaAs下地だけにGa<sub>2</sub>N核が生ずる。GaAs結晶と適合する方位の核発生をする。つまりGa<sub>2</sub>N面が六回対称性をもつ(0001)面となる。

【0015】図1の状態の断面図が、図4(1)である。ここで方位について約束ごとを述べる。結晶学において、面方位を集合的に表現する記号は中括弧で面指数をはさみ{*klm*}と表現する。集合表現はその結晶系が持つ全ての対称要素に対する操作Oによって個別面(*klm*)が変換される全ての面を含む。個別の面方位を表現するには小括弧で面指数を囲み(*klm*)と書く。

【0016】これらと直交する方向を表現するには同じ面指数を使う。個別の方向は大括弧で面指数を囲み[*klm*]と表す。方位を集合的に表現する場合は鍵括弧で面指数を囲み、<*klm*>と書く。集合方向<*klm*>は個別方向[*klm*]から出発して対称操作Oによって変換される全ての個別方向の集合である。面、方位の個別、集合表記は以上のようなものである。これが決まりである。しかし誤用されることが多い。

【0017】面指数*klm*は正又は負の整数である。負整数の場合は数字の上に横棒を引いて表す。図面ではそのように表現する。見やすい表記法である。しかし明細書では上横棒を付けることができない。かわりに前にマイナス符号をつける。面指数の間にコンマを打たないので直観的に分かりにくいのがやむをえない。[11-2]の-2は負の方向に2ということであり、2の上に短い横棒を付けて示すべきであるものである。

【0018】GaAsは立方晶である。3軸*a*、*b*、*c*が直交し等長である。面は単純に3つの面指数(*klm*)によって表現できる。これはその平行面群の1枚目が、それぞれの軸を*a*/*k*、*b*/*l*、*c*/*m*の点で横切るということを表す。

【0019】Ga<sub>2</sub>Nは六方晶系である。4軸*a*、*b*、*d*、*c*を使う。*a*、*b*、*d*は一平面で120°の角度をなす主軸である。互いに独立ではない。*c*軸はこれら三軸に直交する。*c*軸廻りに6回対称性がある。4指数による表現と3指数による表現法がある。ここでは4指数法を用いる。面(*klm*)と言うのは、第1枚目が*a*、*b*、*d*、*c*を横切る点が*a*/*k*、*b*/*l*、*d*/*n*、*c*/*m*だということである。*c*軸は独立であるが、*a*、*b*、*d*軸は独立でない。3つの指数自体には*k*+*l*+*n*=0というゼロサムルールが常に掛かっている。(0001)面は法線廻りに6回対称性のある面である。

【0020】図1、図4(1)のマスク掛けの状態から、比較的低温で、Ga<sub>2</sub>Nのバッファ層を気相成長する。これはMOC(有機金属塩化物法)、HVPE(ハライド気相成長法)、MOCVD法(有機金属CVD法)などを用いる。図4(2)に示すようになる。さらに高温でGa<sub>2</sub>Nを成長させると、マスク厚みを越えて肥厚する。この場合は、MOC、HVPE、MOCVDなどのほか昇華法も使える。マスク厚みを越えるとマスクの上にも結晶が広がる。これが図2に示す状態である。窓から正六角形に結晶が広がる。さらに成長を持続する

と隣接窓から成長してきたものと境を接するようになる。これが図3に表した状態である。

【0021】さらにGa<sub>2</sub>N成長を続けると図4(3)のように厚いGa<sub>2</sub>N結晶ができていく。ついでGaAs基板をエッチングによって除去する。さらに研磨してマスクなども除く。こうしてエピタキシャル成長によって厚い自立膜Ga<sub>2</sub>Nを製造できる。自立性があるので基板結晶として利用できる。

【0022】Ga<sub>2</sub>N製造法について述べる。何れも気相エピタキシーである。原料と中間生成物に違いがある。

1. HVPE法(Halide Vapor Phase Epitaxy) … 溶融GaとHClを反応させGaClを作り、これとアンモニアを反応させて、Ga<sub>2</sub>Nを合成する。 $Ga + HCl \rightarrow GaCl$ 、 $GaCl + NH_3 \rightarrow Ga_2N$ というようになる。Ga金属を原料とする、一旦GaClを作るという特徴がある。GaClを経由するから“ハライド”という言葉が付く。

2. MOC法(有機金属塩化物法metallorganic chloride) … Ga有機金属をHClを反応させGaClを生成し、これとアンモニアを反応させ、Ga<sub>2</sub>Nを作る。 $Ga(CH_3)_3 + HCl \rightarrow GaCl$ 、 $GaCl + NH_3 \rightarrow Ga_2N$ というようになる。

3. MOCVD法(有機金属化学的気相成長法metallorganic chemical vapor phase deposition) … Ga有機金属を直接にアンモニアに反応させGa<sub>2</sub>Nを合成する。 $Ga(CH_3)_3 + NH_3 \rightarrow Ga_2N$ と簡単に表現される。

【0023】MOC法とMOCVD法の違いを理解すべきである。サファイヤ基板上的Ga<sub>2</sub>N成長のためにはMOCVD法が最も盛んに行われているようである。

【0024】図5はHVPE装置の概略を示す。縦長の反応炉1の廻りに円筒状のヒータ2が設けられる。実際には上下方向にいくつか分割され温度分布を形成できるようになっている。反応炉1の上方には原料ガス導入管3、4が差し込まれている。原料ガス導入管3から、 $NH_3 + H_2$ ガスが導入される。原料ガス導入管4から、 $HCl + H_2$ ガスが導入される。反応炉1の上部には、Ga溜5がありここに金属Gaが収容される。ヒータ2によって加熱されるとGa融液6になる。反応炉1の下部には、サセプタ7とシャフト8がある。これは回転昇降できる。サセプタ7の上にGaAs基板9が載せてある。反応炉1にはガス排出口10があって真空排気装置(図示しない)につながっている。HClがGa液と反応してGaClができる。これが下方へ流れアンモニアと反応しGaAsウエハ9上にGa<sub>2</sub>N薄膜として成長する。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明は劈開性賦与のためGa<sub>2</sub>N基板を用いてGa<sub>2</sub>N発光素子をつくり劈開面にそって発光素子チップに分割する。より具体的には、G

a<sub>2</sub>N(0001)基板の上に、Ga<sub>2</sub>N系薄膜をエピタキシャル成長法によって積層し、n側電極、p側電極を付け発光素子構造を縦横に複数個作製し、自然劈開面にそって切断してチップとする。全周を劈開面で切るのが望ましい。チップ分離に自然の劈開を利用するからダイシング工程が簡略化される。LEDの場合は全周を劈開面にそって切断する。つまり本発明のLEDは側面が全て劈開面である。LDの場合は共振器面を劈開面とする。だから共振器面以外の面は別段劈開面でなくても良い。

【0026】

【発明の実施の形態】Ga<sub>2</sub>Nの劈開面は{1-100}である。個別面になおすと[1-100]、[01-10]、[-1010]、[-1100]、[0-110]、[10-10]である。Ga<sub>2</sub>N基板は(0001)を表面に持つ。このGa<sub>2</sub>N基板上でこれらは互いに60度の角度をなす面である。しかもこれら劈開面は基板面に直交する。劈開面で切断すると側面が表面と直角になる。本発明のLEDは全周が劈開面であるとするから、内角は60度か120度か何れかである。90度ということはない。

【0027】正三角形LEDチップ(図7)、菱形LEDチップ(図8)、平行四辺形チップ(図9)、台形チップ(図10)、正六角形チップ(図11)のような劈開切断したLEDチップが可能である。LDの場合は、少なくとも共振器面は劈開することによって形成する。その他の辺も劈開によってつくるとすると、平行四辺形か台形になる。その他の辺は非劈開面でよいとすると矩形チップにできる。共振器が劈開面であるなら面は平坦で反射率が高い。

【0028】

【実施例】[実施例1(Ga<sub>2</sub>N基板の作製)]図4にGa<sub>2</sub>N基板の作製法を示す。2インチ径のGaAs(111)A面を基板として用いた。GaAs基板の上にSiO<sub>2</sub>からなる絶縁薄膜を形成後、フォトリソグラフィにより点状の窓群を形成した。図1と図4(1)に示す状態である。点状窓の形状は、2μm角である。点状窓の配置は、GaAs基板の[11-2]の方向に4μmピッチで点状窓を一行にならべ、その列から[-110]方向に3.5μm離れた位置に同じピッチで別の点状窓が存在するように全面に窓群を形成したものである。但し隣あう列においては、互いに列の方向に1/2ピッチだけずらせた配置とする。

【0029】その後HVPE(ハライドVPE)法により、約490℃で、窓から露呈するGaAs基板の上にバッファ層を約80nmの厚さで形成した。図4(2)の状態になる。ついでGaAs基板を昇温し、約970℃の温度で、約120μmの厚さのGa<sub>2</sub>Nエピタキシャル層を成長させた。図2、図3の状態を経て、図4(3)のような状態になる。

【0030】その後下地のGaAs基板を王水によって

除去した。図4(4)に示す。こうして自立できる単体のGaN基板を得た。自立膜とするために120 $\mu$ m程度の厚みが必要である。

【0031】このGaN基板はn型の導電性を示した。GaN基板は(0001)面が表面である単結晶であった。つまり法線がc軸に平行である。GaNの劈開面{1-100}で実際に容易に劈開できる事を確かめた。特に裏面にスクライブ線を入れておくと、極めて容易に劈開できた。劈開面は直線状で、劈開破断面は平坦である事を確認した。{1-100}の劈開を利用してこれを側面とするGaNチップをつくることができる。特に{1-100}劈開破断面を側面とする発光素子(LED、LD)を作る事ができる。

【0032】[実施例2] 実施例1と同様の方法によって作製したGaN単結晶基板(0001)を出発材料とする。但しマスク窓形状は、実施例1とは異なり、[1-100]方向に長く伸びた窓幅2 $\mu$ m、マスク幅3 $\mu$ mのストライプ形の窓形状を繰り返しながら形状とした。実施例1の場合とほぼ同等のGaN基板が得られる。GaN(0001)面の上にMOCVD(有機金属化学気相成長法)によりLEDのエピタキシャル構造を形成した。現在市販されているLEDと同じ構造である。図6に断面図を示す。GaN基板12の上に、n-AlGaIn薄膜13、Znドープn-InGaIn14、p-AlGaIn16、p-GaN17と言うふうに順にエピタキシャル成長させた。基板とエピタキシャル成長層は全てGaN系の結晶である。異種物質を含まない。さらにその上に導電性の透明電極20、p側電極21を付けた。さらにGaN基板の裏面側にn側電極22を形成した。

【0033】LEDチップの形状を図7～図11に示す。劈開線群は図12～16に示す。GaN(0001)方位の基板であるから、その上の{1-100}面は表面には直交するが互いに60度の角度をなす。直交すればよいのであるがそうでない。それで自然劈開だけでチップの稜線を形成しようとすると、チップ頂点の内角は120°または60°に限定される。

【0034】図7に示すLEDは正三角形である。[1-100]、[01-10]、[-1010]の3つの劈開面を側面にもつチップである。三角形の半導体素子チップというのは見慣れないがLEDであるから単独で用いられる事が多くて別段差し支えないことである。GaNウエハ裏面に切断線を引く場合3方向に平行な直線群を引けば良いので簡単である。図12に劈開面に沿う切断線群を表す。

【0035】図8に示すLEDは菱形である。[0-110]、[10-10]、[01-10]、[-1010]の4つの劈開面を側面にもつチップである。ウエハ裏面に切断線を引く場合は互いに60°をなす2組の等間隔の平行線群を引けば良い。図13に切断線を示

す。菱形の半導体チップというのは珍しいがハンドリングにおいてさして不便はない。

【0036】図9に示すLEDは平行四辺形である。[0-110]、[10-10]、[01-10]、[-1010]の4つの劈開面を側面にもつチップである。劈開面は図8のものと同じであるが辺の長さが不等であるから平行四辺形になる。ウエハ裏面に切断線を引く場合は互いに60°をなす2組の平行線群を引けば良い(図14)。ただし平行線群の間隔が異なる。平行四辺形の半導体チップというのは例を見ないが発光素子として異方性が要求される場合に好適である。

【0037】図10に示すのは、台形のLEDである。[1-100]、[10-10]、[01-10]、[-1010]の4つの劈開面を側面にもつチップである。正三角形3つ分あるいは5つ分というような形状である。半導体チップ形状としては未曾有のものである。これは初め長辺方向に劈開してから、それと60°の方向に劈開する必要がある。図15に示す。一挙に劈開することはできない。台形は並進対称性がないから一括切断は難しい。これも異方性光源としてかえって有望である。

【0038】図11に示すのは正六角形のLEDチップである。[1-100]、[10-10]、[01-10]、[-1100]、[-1010]、[0-110]の6つの劈開面を側面にもつチップである。正六角形は半導体チップとしては珍奇なものである。これも劈開にそって切断することは可能であるが、容易ではない。図16に切断線を表す。蜂の巣状の刃物で切断するとか何らかの工夫が要求される。

【0039】このエピタキシャル成長膜付きのGaN単結晶基板を{1-100}の劈開面を利用してチップに分割した。自然劈開によるから容易かつきれいに分割できた。これらのデバイスはp側電極からn側電極に電流を流したところ、明るい青色発光が見られた。LEDとして正常に動作することが確認された。チップのダイシングは自然劈開によるための確簡単である。サファイヤ基板上のGaNデバイスを分割するために行われるスクライブとブレーキングに比較して歩留まりが飛躍的に向上した。歩留まりが高いため青色発光素子を低コストで製造することができる。

【0040】GaNの劈開面は{1-100}であるがこれは(0001)面と直交するという利点があるが一方互いに直交しないという欠点もある。LEDチップはやはり辺が互いに直交する方がよいし便利であろう。劈開面を直交させることは不可能ではない。図17にそれを示す。正六角形efghijは(0001)面での劈開面である。互いに60°の角をなす。劈開面は(0001)面に直角であるから(0001)面に直交する正六角柱の側面が劈開面だと言う事である。正六角柱を45°の斜角で切断すると右下に書いたような不等六角形

になる。辺  $ij$  と  $ej$  は直交するし、辺  $gh$  と  $gf$  も直交する。すると互いに  $90^\circ$  の挟角をなす劈開面が現れることになる。劈開面  $gh$ 、 $ef$ 、 $ji$ 、 $hg$  だけを切断線に採用することによって劈開した矩形状のLEDチップを作製できる。ただ劈開面が表面と直交せず  $60^\circ$  の角度をなし、多少気持ちが悪いということはある。ところがこれは現在のところ難しいことである。斜め切断した面は  $(1001)$  面でありこのような面を成長させることは難しい。GaAsの  $(111)$  面を元にエピタキシャル成長させるのであれば、ウエハの直径よりずっと長い結晶を成長させなければならない。現在のところそのようなことはできない。

【0041】[実施例3(LEDの場合)] 実施例1で作製したGaN(0001)基板にGaNレーザを作製しチップに分割する。レーザの活性層であるストライプ構造は、MOCVD法によって、GaN基板の上にAlGaIn層、InGaIn MQW層、AlGaIn層、p型GaN層を形成し、ストライプ状にパターンを形成したものである。

【0042】ストライプ構造は、その長手方向が劈開ミラー面と垂直になるようにする。劈開面は先述の通り  $\{1-100\}$  であるから、ストライプの方向を  $\langle 1-100 \rangle$  とすれば良い。図18のようにレーザ構造を作り、ストライプ26を  $\langle 1-100 \rangle$  に平行に作製する。それに垂直な切断線24、24、...と、これと  $120^\circ$  をなす切断線25、25、...によってスクライプする。いずれも劈開面であるから、ウエハ裏面に傷を付けておいて、衝撃を掛けてチップに分離する。図19のように平行四辺形のLEDとなる。端面24、24が劈開面であってストライプの両端になっている。端面は基板だけでなくエピタキシャル層の面も綺麗に劈開される。これが共振器ミラーとなる。サファイヤ基板を切断してミラーとしたサファイヤ基板GaNレーザに比べ極めて平坦平滑な面が得られた。反射率が高くレーザの特性が向上する。歩留まりが高い。

【0043】平行四辺形LEDは四辺が劈開面である。本発明の主張に忠実な構造である。しかしストライプ構造にしなければならないので、上手くいってウエハ面積の半分は無駄になる。図18において、ストライプの位置をどのように決めても、斜め切断線25とストライプ26が交差するような列が発生する。そのようなチップ29、29...は使いものにはならない。

【0044】そこで図20のようにストライプ26に直交する切断線24は劈開面に沿うが、もう一方の切断線30は、非劈開面とする。つまり斜め劈開面25は使わない。図21のようなチップになり、無駄がない。非劈開面切断線30を切るのに時間が掛かりその面が多少粗面であったとしてもミラーでないから差し支えない事である。

【0045】

【発明の効果】(0001) GaN単結晶基板の上に、GaN系の薄膜をエピタキシャル成長させてLED、LDなどの発光素子を作り、劈開面  $\{1-100\}$  によって切断することによってチップとする。自然劈開を利用するからダイシング工程が極めて容易になる。GaN発光素子の低コスト化が可能になる。LEDの場合は異形のチップとなるが異方性光源として有望である。LDの場合は、劈開面をミラーとすることができる。特性向上、歩留まり向上などの効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】GaAs(111)A面基板にマスクを付けリソグラフィによって  $[11-2]$  方向に一辺が平行になる正三角形群の頂点の一に窓を設けた状態の平面図。

【図2】窓から露呈したGaAsの表面にGaNが成長しマスクを越えて横方向に正六角形状に広がって行く有様を示す平面図。

【図3】それぞれの窓から成長した正六角形GaN結晶が互いに接触しマスクを覆い尽くした状態の平面図。

【図4】GaN単結晶基板を製造する過程を示す断面図。(1)はGaAs(111)A面にマスクを付け窓をもうけた状態の断面図。(2)は窓の中の下地GaAsの上にGaNバッファ層を形成した断面図。(3)は更にマスクの厚みを越えてGaNエピタキシャル層を成長させた状態の断面図。(4)はGaAs基板を除外することによってGaN基板が自立膜として得られた状態を示す断面図。

【図5】HVPE法によってGaAs基板の上にGaN結晶を成長させる装置の概略断面図。

【図6】GaN基板の上に作製したGaN発光素子のエピタキシャル構造の一例を示す断面図。

【図7】劈開面を外周にした本発明の実施例にかかる三角形形状のLEDチップの平面図。

【図8】劈開面を外周にした本発明の実施例にかかる菱形形状のLEDチップの平面図。

【図9】劈開面を外周にした本発明の実施例にかかる平行四辺形状のLEDチップの平面図。

【図10】劈開面を外周にした本発明の実施例にかかる台形状のLEDチップの平面図。

【図11】劈開面を外周にした本発明の実施例にかかる六角形状のLEDチップの平面図。

【図12】三角形形状のチップを切り取るための劈開に沿うGaNウエハ上の切断線群をしめす平面図。

【図13】菱形のチップを切り取るための劈開に沿うGaNウエハ上の切断線群を示す平面図。

【図14】平行四辺形のチップを切り取るための劈開に沿うGaNウエハ上の切断線群を示す平面図。

【図15】台形状チップを切り取るための劈開に沿うGaNウエハ上の切断線群を示す平面図。

【図16】正六角形チップを切り取るための劈開に沿うGaNウエハ上の切断線群を示す平面図。



11

【図17】チップの表面を(0001)からある方向へ45°傾けると隣接劈開面が90°をなすようにする事ができる事を説明する線図。

【図18】ストライプ構造をもつLDにおいて、120°をなす劈開面群によって切断することによって平行四辺形であって劈開面を共振器とするLDが製作されることを示すウエハ一部の平面図。

【図19】120°をなす劈開面群によって切断することによって作られた劈開面を共振器面とするLDチップの平面図。

【図20】ストライプ構造を持つLDにおいて、ストライプと直交する方向は劈開面で切断し、それと直交する方向は非劈開面で切断することを示すウエハの一部の平面図。

【図21】ストライプと直交する方向の劈開面と、ストライプに平行な非劈開面で切断したLDチップ平面図。

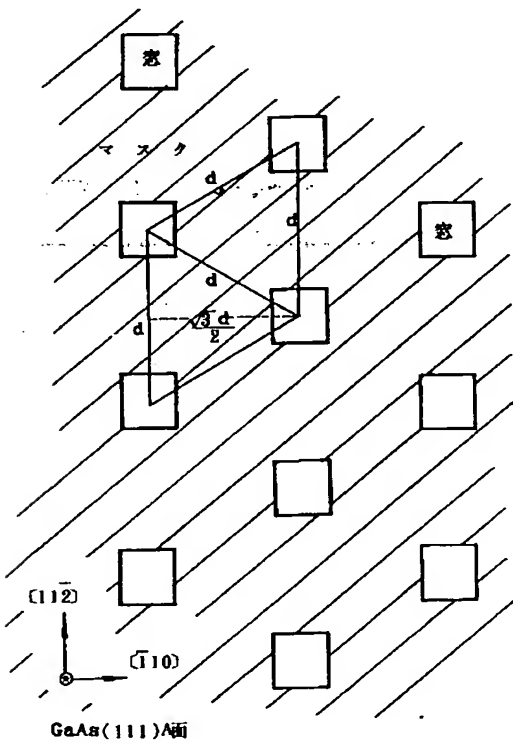
【符号の説明】

1 反応炉

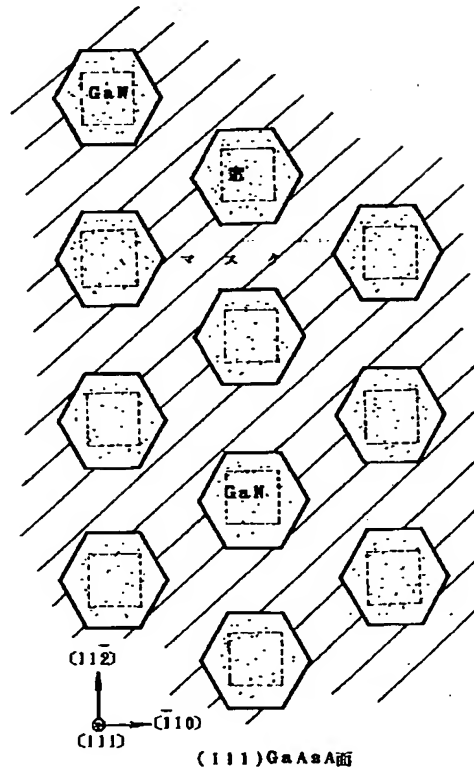
- 2 ヒータ
- 3 原料ガス導入口
- 4 原料ガス導入口
- 5 Ga溜
- 6 Ga融液
- 7 サセプタ
- 8 シャフト
- 9 GaAsウエハ
- 10 ガス排出口
- 12 n-GaN基板
- 13 n-AlGaN層
- 14 n-InGaN層
- 16 p-AlGaN層
- 17 p-GaN層
- 19 GaN系単結晶層
- 20 透明電極
- 21 p側電極
- 22 n側電極

12

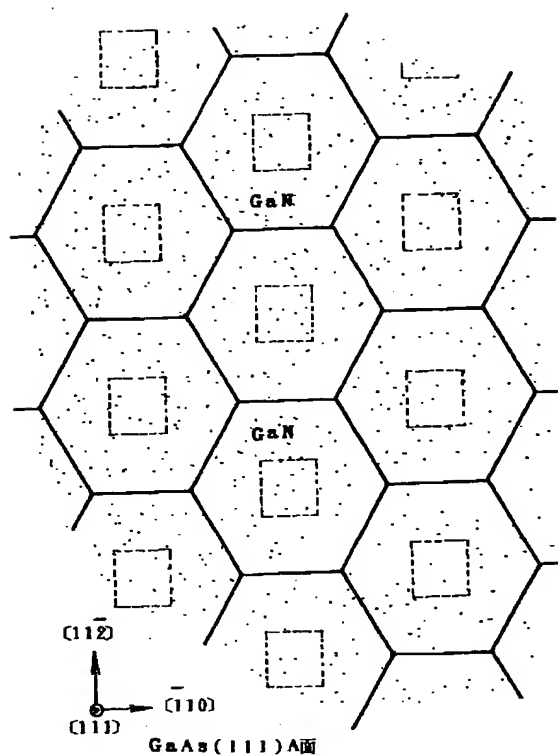
【図1】



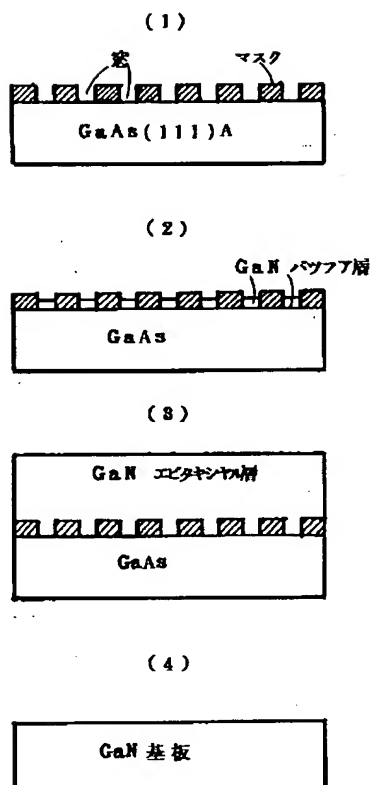
【図2】



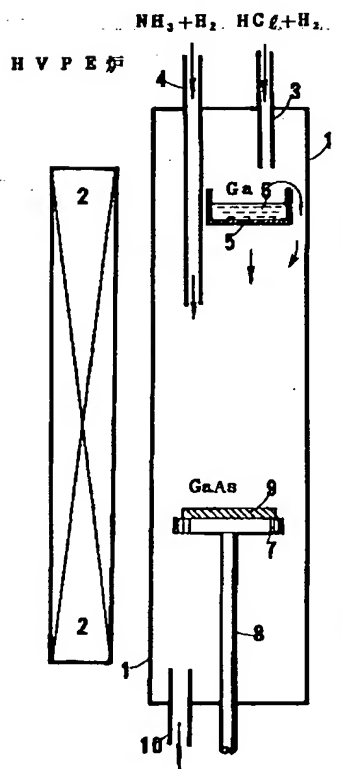
【図3】



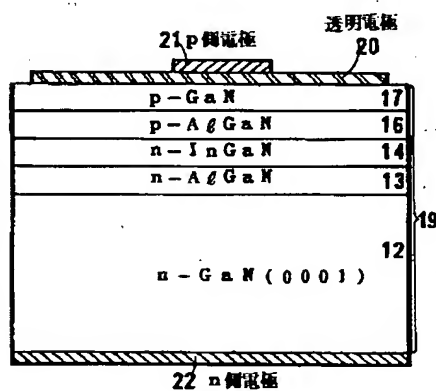
【図4】



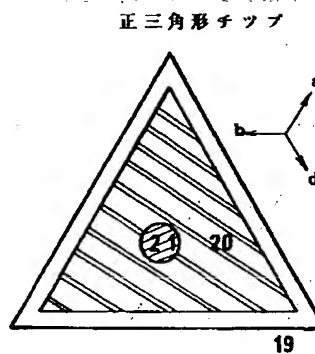
【図5】



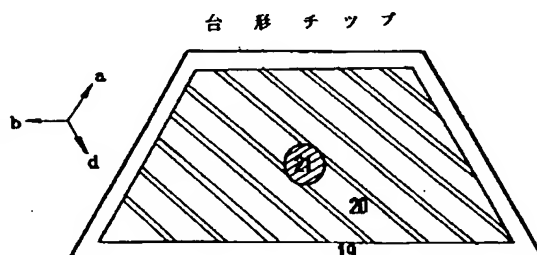
【図6】



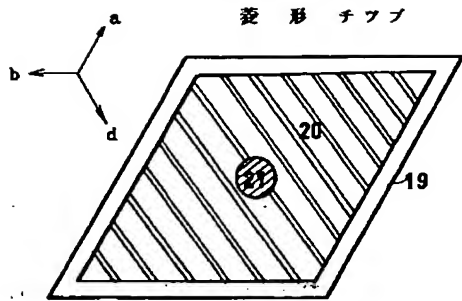
【図7】



【図10】

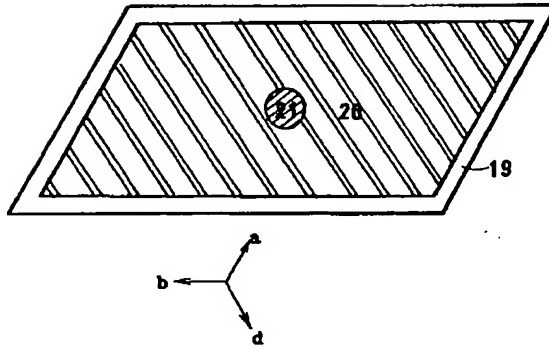


【図8】



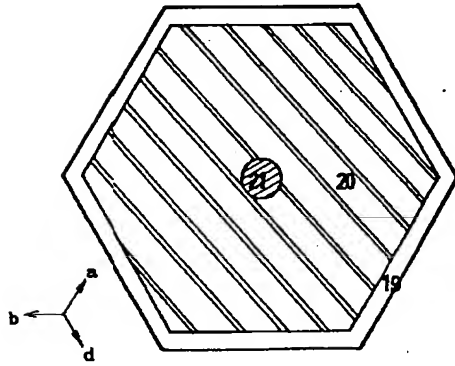
【図9】

平行四辺形チップ

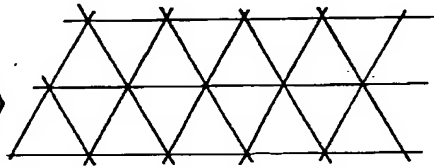


【図11】

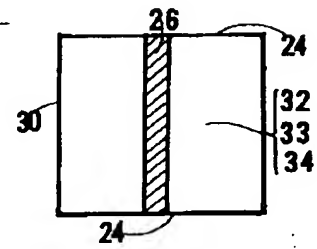
正六角形チップ



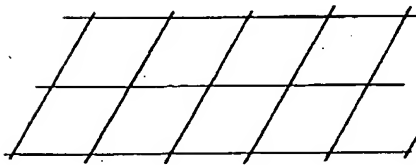
【図12】



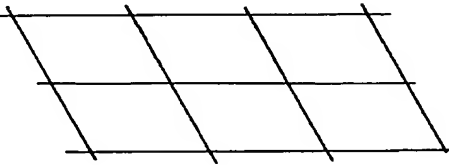
【図21】



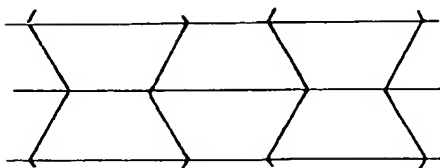
【図13】



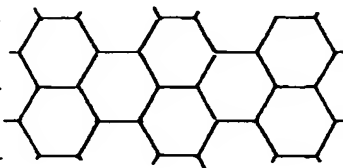
【図14】



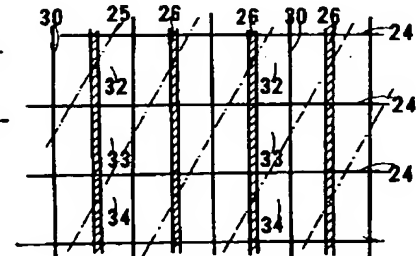
【図15】



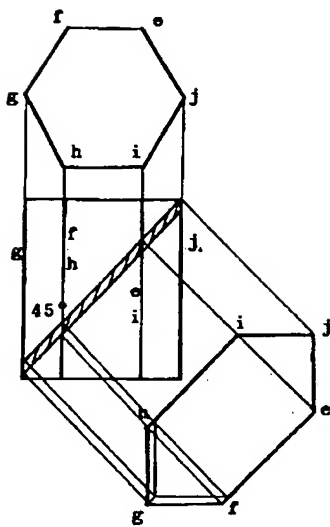
【図16】



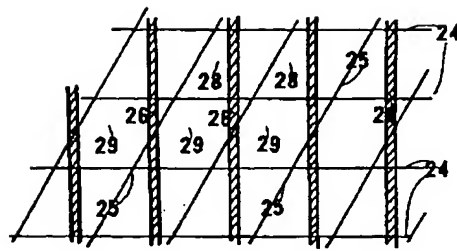
【図20】



【図17】



【図18】



【図19】

